

乳腺MRI：当院における検査の実際と基本的な読影についての解説

放射線診断科

本間 壽大, 木村 輔, 竹井 俊樹, 白渕 浩明, 寺江 聡

要 旨

乳腺MRIは1990年代以降広く用いられるようになり、当初は専ら広がり診断に用いられていたが、米国放射線専門医会によるBI-RADS®などのガイドラインが整備され、乳腺評価の標準化がされたことで、現在では質的評価も向上している。

当院における乳腺MRIの年間検査件数は増加傾向にある。2015年には3.0 Tesla装置が導入され、2年間で行った乳腺MRI検査367件中180件を3.0 Tesla装置で行っており、装置のメリットとデメリットを理解した読影が求められている。撮像プロトコールは概ね標準的なものであるが、各シーケンスにはそれぞれの特徴があり、その理解は読影において必須である。

本稿では、当院での乳腺MRIの撮像状況や撮像方法の紹介に加え、各シーケンスの読影における特徴といくつかの代表的な乳腺疾患の画像所見について概説するとともに、MRIを用いた乳癌検診における最近のトピックスについて簡単に解説する。

キーワード：乳癌、MRI、画像診断

はじめに

乳癌診療は視触診を中心として行われていたが、1980年代よりマンモグラフィ（MMG）の技術が著しく発展し、精度管理も整備され¹⁾、画像診断の役割は大きくなっていった。その後、超音波検査（US）やヘリカルCT検査、MRI、DSA、サーモグラフィといった様々なモダリティが乳癌診療に供されるようになった²⁾。現在では、MMG、US、MRIを主体とした画像診断が行われているが、トモシンセシスやエラストグラフィ、乳房専用PETなどさらなる進歩を遂げている。

MRIの乳腺臨床での使用は、世界的には1980年代半ば頃より報告されている。本邦においても筆者が検索しえた範囲で1987年には乳腺MRI診療に関するまとまった報告がなされており³⁾、1990

年代以降は広く乳癌の画像診断に用いられるようになった。当初、乳腺MRI検査の最大の役割は広がり診断という考えが強かったが、この原因の一つとして、乳腺MRIには標準化された撮像方法や診断基準がなかったため、乳癌に対し高い感度を有しながら特異度は相対的に低いことが指摘されていた⁴⁾。しかし、近年では米国放射線専門医会（ACR）によるBI-RADS®などのガイドラインが整備されたことで、乳腺評価の標準化が進み、質的評価が求められる機会が増えている。MMGとUSで検出できない多発乳癌を検出することが出来ることが知られ⁵⁾、欧米のガイドラインではそのような“MRI only lesion”の存在が明記され、MRIを中心とした生検を含む診断体制の必要性が明文化されている⁶⁾。本邦でも、臨床所見やMMG、USにて所見が一致せず、生検の適応決定に迷う症例やMMGやUSでの画像ガイド下生検が困難な症例においては、MRIを施行

することは有用と考えられており⁶⁾、当院においてもそのような組織学検査施行前を含む術前患者の多くに対してMRI検査を施行している。

このような現状をふまえ、当院における乳腺MRIの検査実施状況及び読影方法を紹介するとともに、代表的な乳腺疾患における典型的な画像所見について概説する。

当院におけるMRI撮像と読影の現状

当院における乳腺MRI検査の年間件数は、ここ9年で4倍以上に増加している(図1)。2015年4月からは3.0 Tesla装置(Philips社製)が導入されており、3.0 Tesla装置での乳腺MRI撮像件数は、導入後2年間(2015/04~2017/03)で180件となっている。1.5 Tesla装置と合わせた2年間の総数は367件であり、このうち100件は病理学的に悪性が確認された。

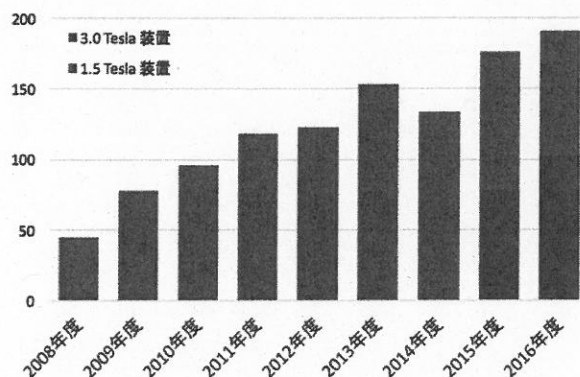


図1 当院における乳腺MRI検査件数の推移

3.0 Tesla 装置で撮像した場合、S/Nが1.5 Tesla 装置より高いため、画質の向上が望める。ただし、一般的に3.0 Tesla装置では信号ムラも出やすくなるため、読影の際には注意を要する。また、副次的なメリットとして、ボア径が大きいため体格の良い患者を撮像する際にも余裕を持って撮像可能である。

当院での撮像は、概ね標準的なプロトコールに則り、表1に示すと通りのシーケンスの順に行っている(造影剤副作用の既往やインプラント破損チェックなどの例外を除く)。撮像条件は、スライス厚5 mm、スライスギャップ0 mm、35スライスで、dynamic MRIのみスライス厚3 mm、

オーバーラップ1.5 mm、90スライスとしている。Dynamic MRIでは、2015年9月からは0.1 mmol/kgのガドブトロール(ガドビスト®)を1 ml/秒のスピードで注入するものとしている。乳腺MRI検査ではdynamic MRIを含む造影検査が必須と考えられており、たとえば拡散強調像を含めたとしても、非造影での撮像は勧められていない⁷⁾。

各撮像シーケンスの特徴を以下に示す。

表1 当院における乳腺MRIの撮像シーケンス

シーケンス	Dynamic MRI の 時間経過	
脂肪抑制 T2 強調横断像(SPAIR)		
T1 強調横断像		
拡散強調横断像 (ADC map 作成)		
Dynamic MRI	①	0分(単純)
(脂肪抑制 T1 強調像)	②	1分
	③	2分
	④	3分
高解像度 3D 撮像 (sag/cor/MIP 作成)		(~3分間~)
Dynamic MRI(遅延相)	⑤	7分
(time intensity curve 作成)		

SPAIR像(脂肪抑制T2強調像)

嚢胞や線維腺腫、粘液癌を強い高信号として検出できる。また、乳癌中心部壊死なども高信号を示す。随伴所見であるが、浮腫も観察可能である^{4, 8)}。

T1強調像

T1強調像は脂肪抑制が成されていない唯一のシーケンスであるため、後述の脂肪抑制T1強調像との比較で過誤腫など脂肪を含む病変の検出ができる。また、胸壁や皮膚との間の脂肪組織の有無から浸潤の有無の評価にも役立つ。リンパ節の形態・サイズの評価もしやすい^{4, 8)}。

拡散強調像及びADC map

細胞密度の高い腫瘍や粘調度の高い液貯留では水分子の運動が制限され、拡散能が低下し、拡散強調像では高信号を示しADCは低下する⁹⁾。乳癌に対する感度は高いが特異度が低いため、現時点ではあくまでdynamic MRIによる診断の補助という位置づけである^{4, 10)}が、後述するようにそれ以上の利点が期待されている。

Dynamic MRI

造影前の画像（脂肪抑制T1強調像）乳腺に線状・分枝状の構造が見られた場合、血性分泌物が強く疑われる⁸⁾。

遅延相（造影後7分）にて、background parenchymal enhancement (BPE) の評価を行うとともに、結節状の増強像や左右非対称性の増強効果など、病変の候補を指摘する。また、遅延相ではclustered ringやclumped、rim enhancementなどの各病変に特異的な増強パターンの評価も行う。

Clustered ringは乳管周囲の増強効果により薄いリング状の増強効果の集簇を示す。悪性を疑う所見である。Clumpedは様々な形状、大きさの敷石状の造影効果で、時折融合性に広がる。Clumpedはfocalの分布を示す場合はぶどう様に、線状の分布を示す場合は数珠状もしくは真珠の首飾り様に見える場合がある。悪性を疑う所見である¹⁰⁾。Rim enhancementは辺縁優位の増強効果を指す。Early rim enhancementは造影早期に腫瘤内部に出現する厚いリング状濃染を言い、乳癌に特徴的な所見とされる。Delay rim enhancementは造影後期に腫瘤周囲に出現する薄いリング状濃染を言い、境界明瞭な腫瘤でよく見られ、乳癌では充実腺管癌で出現頻度が高いが、良性腫瘍でも見られる場合がある^{11, 12)}。

Dynamic MRIの画像を元にして、各病変の候補についてtime intensity curve (TIC) を作成し、早期相での増強効果の程度 (fast・medium・slow)

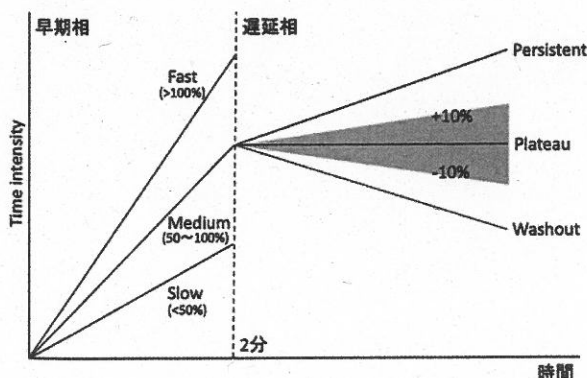


図2 Time intensity curveの所見

早期相では、造影前のintensityと比較して、造影後2分では元の50~100%上昇しているものをmediumとし、それ未満のものをslow、超えるものをfastとする。遅延相では、2分後を基準として、10%以上上昇する場合をpersistent、10%以上低下する場合をwashoutとし、これらの間の場合をplateauとする。

とその後の増強効果の変化 (persistent・plateau・washout) を評価する (図2)。washoutは悪性を示唆する所見であり、persistentは良性を疑う所見であるが、良悪性にはオーバーラップがあり注意が必要である^{8, 10)}。

高解像度3D撮像

矢状断像、冠状断像およびMIP像を再構成し、横断像とともにこれらと比較し、広がり診断を行う。特にMIP像は病変の形態や進展範囲の把握に有用である¹³⁾。

なお、拡散強調像については、ACR BI-RADS[®]では未だ研究段階としつつも、有用なツールとして言及している¹⁰⁾。事実、当院においても拡散能の低下を示す所見、特にADCの低下以外に有意な所見がほぼ見られないにもかかわらず、病理学的に悪性が示されるような症例にときに遭遇する。

ADCの低下が診断の決め手となった乳癌患者の症例を、図3に示す。この症例では手術が行われ、病理結果は非浸潤性乳管癌 (ductal carcinoma in situ, DCIS) であった。

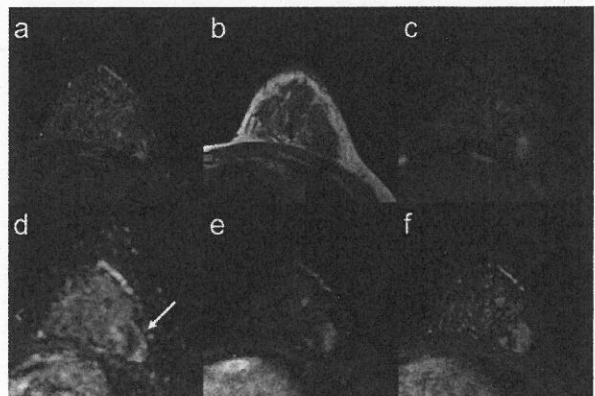


図3 30歳代女性、授乳中、ductal carcinoma in situ (DCIS)

脂肪抑制T2強調像(a)では、背景乳腺と同程度の信号を示す。T1強調像(b)でも背景乳腺と同程度の信号。拡散強調像(c)では信号はやや高いが、有意な高信号とまでは言えない。ADC map(d)では、ADCは背景と比較して低下している。造影後早期相(e)では早期濃染を示す。後期相(f)ではbackground parenchymal enhancement (BPE)が高度であり、洗い出しの評価は困難。

一般的な病態の画像所見

DCIS

DCIS病変の多くは非腫瘍性の増強像として

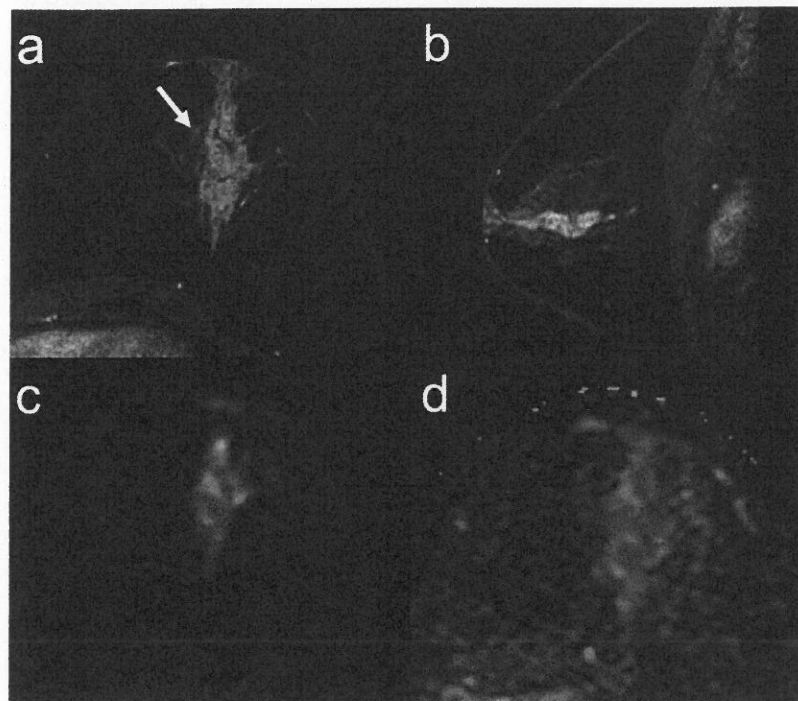


図4 50歳代女性、DCIS

高解像度3D撮像横断像(a)および矢状断像(b)では不均一に増強される病変が線状の分布を示す。増強像内部にclustered ringを認める。拡散強調像(c)では高信号を認め、ADC map(d)ではADCは低下している。

認められ、ACR BI-RADS®では分布と内部増強効果に基づいて診断される。分布では線状(linear)や区域性(segmental)といった乳管に沿った形態が見られたときに、内部増強効果ではclumpedやclustered ringが見られたときにより悪性が疑われる^{8, 10, 14)}。特にclustered ringはDCISに特徴的とされ、後期相で観察されやすい¹⁴⁾。

例として、図4にDCISと診断された50歳代女性のMRIを示す。

浸潤性乳管癌

浸潤性乳管癌は乳癌取扱い規約第17版では乳頭腺管癌、充実腺管癌、硬癌の3型に分類されている¹⁵⁾。

硬癌は、病理学的に癌細胞が個々ばらばらに、あるいは小塊状ないし索状となって間質に浸潤し、多少とも間質組織の増殖を伴うものを言う¹⁵⁾。MRIでは辺縁不整な腫瘍として描出され、spiculaを伴うことが多い。Dynamic MRIでは、典型的には中心部は線維が多く血流が少ないので漸増性の増強効果を示し、辺縁は細胞が多く血流が多いので早期から強い増強効果を示す。つまり、内部の増強効果はearly rim enhancementを示したり、さらにはenhancing internal septationなどが見ら

れたりすることがある¹⁶⁾。また、spiculaが増強効果を伴っている場合、この中に癌細胞の浸潤・進展が見られることがあり広がり診断では注意が必要である¹³⁾。

例として、図5に硬癌と診断された60歳代女性のMRI画像を示す。

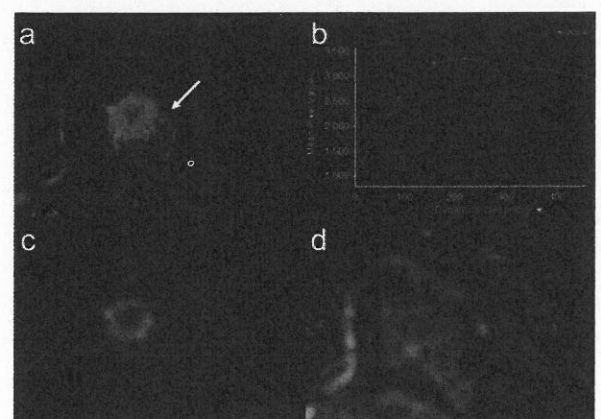


図5 60歳代女性、浸潤性乳管癌(硬癌)

造影後(a)では鋸歯状の辺縁を伴う腫瘍として認められ、spiculaを伴っている(矢印)。辺縁優位に増強されている。TIC(b)では、辺縁は早期濃染と洗い出しを示す。拡散強調像(c)では辺縁優位にリング状の高信号を示し、ADC map(d)ではADCは低下している。

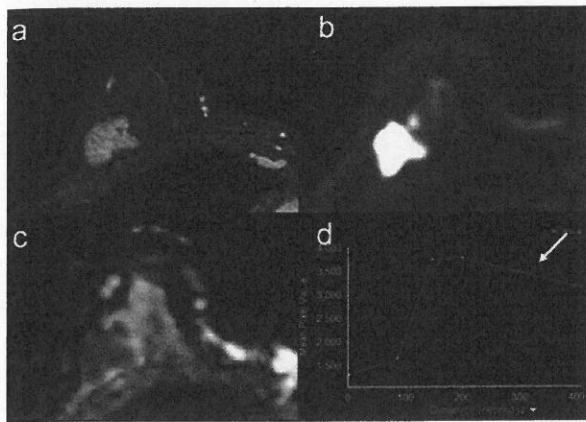


図6 60歳代女性、浸潤性乳管癌（充実腺管癌）

造影後 (a) は不整形の境界明瞭な腫瘤状の形態を示す。増強効果はやや不均質。拡散強調像 (b) で強い高信号を示しADC map (c) では、ADCは低下している。TIC (d) では、早期濃染と洗い出しを認める。

乳頭腺管癌と充実腺管癌は、圧排性発育で浸潤所見の乏しい形態の腫瘤を呈することが多い。不整形の形態や不明瞭・不整な境界は悪性を示唆する¹⁰⁾。造影後は不均一に増強され、dynamic MRIでは早期濃染と洗い出しが見られることが多い。後期相でのrim enhancementが見られた

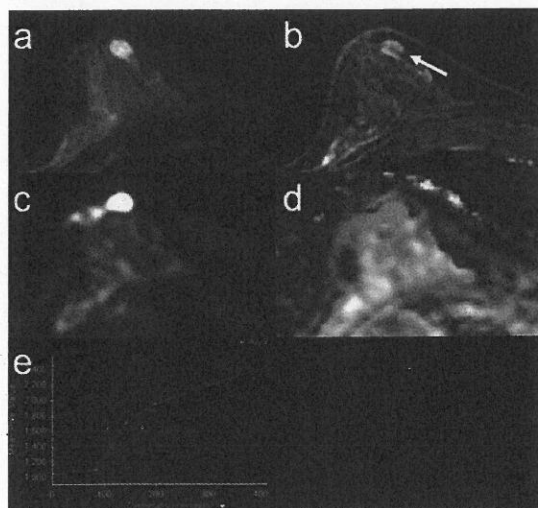


図7 40歳代女性、線維腺腫

脂肪抑制T2強調像 (a) で強い高信号を示す境界明瞭な腫瘤を認める。造影後 (b) は均一に増強される。内部に線状の低信号 (dark internal septation) を認める (矢印)。拡散強調像 (c) では高信号を示すが、ADC map (d) では、ADCは正常乳腺と同程度。TIC (e) では、漸増性の増強パターンを示す。

場合、より浸潤癌が疑われる^{16, 17)}。通常はT2強調像で高信号を示さないが、triple negative乳癌では中心壊死を呈し腫瘤内高信号域が見られることがある¹⁸⁾。また、乳管内進展が腫瘤周囲の区域性に分布する非腫瘤性の増強像として見られることがあり、広範囲に広がる乳管内成分はDCISと同様にclustered ringパターンを示すことがある¹³⁾。

例として、図6に充実腺管癌と診断された60歳代女性のMRI画像を示す。

粘液癌・線維腺腫・嚢胞

脂肪抑制T2強調像で強い高信号を示す構造は、嚢胞や線維腺腫、粘液癌のいずれかである可能性が高い¹⁹⁾。内部に増強効果を伴わないものは嚢胞と考えられるが、増強効果を伴うものは線維腺腫または粘液癌が疑われる。

線維腺腫は境界明瞭な充実性腫瘤として認められ、造影MRIでは内部均一に増強され、Dynamic MRIでは漸増性の増強パターンを示す¹³⁾。ときに内部に低信号の薄壁様構造 (dark internal septation) を認める場合があり、頻度は低いものの線維腺腫に特徴的である²⁰⁾。

例として、図7に線維腺腫と診断された40歳代

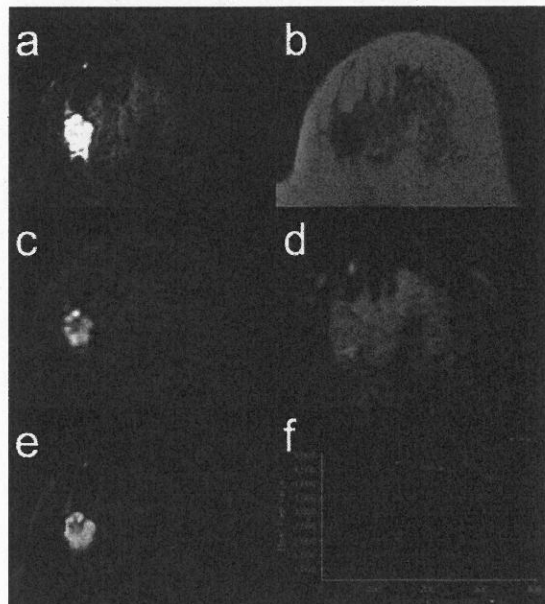


図8 70歳代女性、粘液癌

脂肪抑制T2強調像 (a) では強い高信号を示す。T1強調像 (b) で分葉状の腫瘤として認める。拡散強調像 (c) では高信号を示し、ADC map (d) ではADCは軽度低下している。造影後 (e) では不均一に増強され、TIC (f) では早期濃染と洗い出しを示している。

女性のMRI画像を示す。

粘液癌は境界明瞭な円形ないし分葉状の形態を示すことが多く、内部に粘液を含むため脂肪抑制T2強調像で高信号を示す。造影MRIでは増強効果が弱く、漸増性の増強パターンを示すことが多い²¹⁾が、その他にも様々な増強パターンを示す。そのため、脂肪抑制T2強調像で強い高信号を示し増強効果を伴う結節状構造から粘液癌を除外することは困難である⁸⁾。また、拡散強調像では高信号を示すが、悪性病変としては細胞成分の密度がそれほど高くないため、通常の乳癌と比較してやや信号強度が弱い¹³⁾。

例として、図8に粘液癌と診断された70歳代女性のMRI画像を示す。

最近の話題

本邦では乳癌検診として視触診とMMGの組み合わせが広く推奨されているが、欧米では乳癌のハイリスクグループに対して造影MRIを用いたスクリーニングが推奨されている。一方、平均的リスクの女性においては、時間やコスト、造影剤による副作用などからMRIによるスクリーニングは現在のところ推奨されていない⁷⁾。

高密度の乳腺組織を有するいわゆる“dense breast”の女性においてMMGの診断能は低下するため、このような女性に対してはUSによるスクリーニングが提唱されているが、偽陽性が多いという欠点がある²²⁾。そこで、“dense breast”でリスクは平均的な女性に対するMRIスクリーニングについての研究が行われている。臨床的証拠の不足や過診断の可能性、費用対効果のためにいまだ議論の余地があるとする報告もある一方で、ドイツでは“dense breast”を含む平均的リスクの女性を対象とした追加のMRIスクリーニング検査はUSやトモグラフィより感度が高く、陽性適中率もMMGと同程度であったという報告²³⁾がなされている。その他、2015年までオランダで50～75歳の高度の“dense breast”女性を対象としてDENSE (The Dense Tissue and Early Breast Neoplasm Screening) トライアルが行われており²⁴⁾、その結果は近日中にも公表されるものと思われ、内容が注目される。

この分野での研究が進むことで、今後は本邦に

においてもMRIが乳癌検診分野での適応が拡大される可能性があり、動向を注視していきたい。

おわりに

当院における乳腺MRIの撮像法と読影方法、代表的な乳腺病変のMRI所見について記した。

文 献

- 1) 小田切邦雄：特集：乳癌の画像診断；序論。日獨医報 1995；40：457-9.
- 2) 木戸長一郎，黒石哲生：特集：乳癌の画像診断；乳癌検診と画像診断 わが国における乳癌検診の現状課題・画像診断の役割。日獨医報 1995；40：467-80.
- 3) 岡田吉隆，吉川宏起，八代直文，他：乳腺腫瘍のMRI。臨床放射線 1987；32：1087-91.
- 4) 後藤真理子：特集 放射線科専門医必見！ 乳腺画像診断の道しるべ 乳腺診療におけるMRIの役割と撮像法。画像診断 2015；35：1403-12.
- 5) 日本乳癌学会：Web版「乳癌診療ガイドライン」MRIはマンモグラフィや超音波で検出できない多発乳癌の検出に勧められるか（検診。画像診断・画像診断—CT・MRI・ID51770）
<http://jbcs.gr.jp/guideline/guideline/g5/g51770/> (2017/05/27 アクセス)
- 6) 日本乳癌学会：Web版「乳癌診療ガイドライン」CT、MRIは乳房内病変の診療方針決定に勧められるか（検診。画像診断・画像診断—CT・MRI・ID51750）
<http://jbcs.gr.jp/guideline/guideline/g5/g51750/> (2017/05/27 アクセス)
- 7) 日本乳癌学会：Web版「乳癌診療ガイドライン」拡散強調画像を含めた非造影MRIによる乳癌検診は勧められるか（検診。画像診断・検診・ID51680）
<http://jbcs.gr.jp/guideline/guideline/g5/g51680/> (2017/05/27 アクセス)
- 8) 戸崎光宏，福岡栄祐：乳腺MRI実践ガイド—撮像法，読影基準，治療—，第1版。文光堂，東京都，2007.
- 9) ウッドハムス玲子，秦博文：乳腺。青木茂樹，阿部修，増谷佳孝，他，これでわかる拡散MRI，

- 第3版, 秀潤社, 東京都, 2013, 432-5.
- 10) ACR BI-RADS[®]翻訳中央委員会: ACR BI-RADS[®]アトラス Breast Imaging Reporting and Data System 電子版, 日本放射線科専門医会・医会, 松山市, 2016.
- 11) Kobayashi M, Kawashima H, Matsui O, et al.: Two different types of ring-like enhancement on dynamic MR imaging in breast cancer: correlation with the histopathologic findings. *Journal of magnetic resonance imaging*: JMIRI. 2008 ; 28 : 1435-43.
- 12) 川島博子: コンパクトMRI α シリーズ 乳腺アトラス. 第1版. ベクトル・コア, 東京都, 2008, 11-13.
- 13) 高橋雅士, 角田博子: 新乳房画像診断の勘どころ, 第1版, メジカルビュー社, 東京都, 2016.
- 14) Tozaki M, Fukuda K: High-spatial-resolution MRI of non-masslike breast lesions: interpretation model based on BI-RADS MRI descriptors. *AJR. Am. J. Roentgenol.* 2006 ; 187 : 330-7.
- 15) 日本乳癌学会: 臨床・病理 乳癌取扱い規約, 第17版, 金原出版, 東京都, 2012.
- 16) Kitagawa K, Sakuma H, Ishida N, et al.: Contrast-enhanced high-resolution MRI of invasive breast cancer: correlation with histopathologic subtypes. *AJR. Am. J. Roentgenol.* 2004 ; 183 : 1805-9.
- 17) Tozaki M, Fukuda K, Suzuki M: Dynamic high-spatial-resolution MR imaging of invasive ductal carcinoma: influence of histological scirrhous component on MR descriptors. *Magn. Reson. Med. Sci.* 2006 ; 5 : 137-46.
- 18) Uematsu T, Kasami M, Yuen S: Triple-negative breast cancer: correlation between MR imaging and pathologic findings. *Radiology* 2009 ; 250 : 638-47.
- 19) Yuen S, Uematsu T, Kasami M, et al: Breast carcinomas with strong high-signal intensity on T2-weighted MR images: pathological characteristics and differential diagnosis. *J. Magn. Reson. Imaging* 2007 ; 25 : 502-10.
- 20) Uematsu T, Kasami M: MR imaging findings of benign and malignant circumscribed breast masses: part 1. Solid circumscribed masses. *Jpn. J. Radiol.* 2009 ; 27 : 395-404.
- 21) 河内伸江, 角田博子, 松岡由紀, 他: 広がり診断に着目した粘液癌の画像および病理学的検討. *乳癌の臨床* 2015 ; 30 : 443-51.
- 22) Berg WA, Blume JD, Cormack JB, et al: Combined screening with ultrasound and mammography vs mammography alone in women at elevated risk of breast cancer. *JAMA* 2008 ; 299 : 2151-63.
- 23) Kuhl CK, Strobel K, Bieling H, et al: Supplemental Breast MR Imaging Screening of Women with Average Risk of Breast Cancer. *Radiology* 2017 ; 283 : 361-70.
- 24) Emaus MJ, Bakker MF, Peeters PHM, et al: MR Imaging as an Additional Screening Modality for the Detection of Breast Cancer in Women Aged 50-75 Years with Extremely Dense Breasts: The DENSE Trial Study Design. *Radiology* 2015 ; 277 : 527-37.

Breast MRI: a report about current use in our hospital and explanation about essential interpretation method

Toshihiro Homma, Tasuku Kimura, Toshiki Takei, Hiroaki Usubuchi, Satoshi Terae

Department of Diagnostic Radiology, Sapporo City General Hospital

Abstract

Breast MRI has been widely used since the 1990's. Initially, breast MRI was used to diagnose the spread of lesions. However, since guidelines on breast imaging diagnosis such as ACR BI-RADS® were established, breast MRI evaluation became standardized and now qualitative diagnosis is also required for this modality.

The examinations of breast MRI at our hospital is increasing year by year. In 2015, the 3.0 Tesla device was introduced to our hospital, and 180 examinations were performed on this device alone over a 2 year period, even though we have conducted 367 examinations in total. We have adopted a generally standard imaging protocol, and knowledge about the merits of each sequence is required to provide improved breast cancer practice.

In this report, we outline the trend of breast MRI in our hospital, the imaging protocol, the features of each sequence, and the image findings of some common breast diseases. In addition, we describe topics on breast cancer screening with MRI.

Keywords: breast cancer, MRI, diagnostic imaging